

## 明 細 書

チャンバへのガス供給装置及びこれを用いたチャンバの内圧制御方法  
技術分野

[0001] 本発明は半導体製造装置等に於いて利用されるチャンバへのガス供給装置と、これを用いたチャンバの内圧制御方法に関するものである。

## 背景技術

[0002] 近年、半導体製造装置等に於いては、プロセスチャンバへのガス供給装置として所謂圧力式流量制御装置を備えたガス供給装置が多く利用されている。

[0003] 図8はその一例を示すものであり、圧力式流量制御装置 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ と流体切換弁 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ を設け、制御装置Bからの信号によりプロセスチャンバEへ供給する流体の切換及びその流量調整を自動的に行なう構成となっている(特開平11-212653号等)。

尚、前記圧力式流量制御装置 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ は、図9に示すようにオリフィスKaを流通する流体を臨界条件下に保持( $P_1/P_2$ が約2以上)することにより、演算装置Mに於いてオリフィス流通流量 $Q_c$ を $Q_c = KP_1$ として演算し、設定流量 $Q_s$ との差 $Q_y$ が零となるようにコントロール弁Vを開閉(オリフィス上流側圧力 $P_1$ を調整)する構成となっている。尚、A/Dは信号変換器、APは増幅器である(特開平8-338546号)。

[0004] また、前記プロセスチャンバEは、図10に示すように、自動圧力調整器APC及びコンダクタンスバルブCVを備えた比較的大口径の真空排気ラインExを通して真空ポンプ $VP_1$ 及び $VP_2$ を連続的に運転することにより、その内圧が設定値( $10^{-6} \sim 10^2$  Torr)に保持されている。

尚、前記真空ポンプとしては、ターボ分子ポンプ等の一次真空ポンプ(高真空ポンプ) $VP_1$ とスクロールポンプ等の二次真空ポンプ(低真空ポンプ) $VP_2$ とを組み合わせたものが広く利用されており、1台の圧縮比の大きな大排気容量の真空ポンプによる排気システムは、製造コスト等の点に問題があるためあまり利用に供されていない。

[0005] 前記図8に示したチャンバへの流体供給装置は、その使用する圧力式流量制御装置 $C_1 \sim C_n$ がチャンバE側の内圧変動に影響を受けないと云う特性を具備しているた

め、臨界条件が保持されている限り、チャンバ内圧が変動しても比較的安定した供給ガスの流量制御を行なうことができ、優れた実用的効用を奏するものである。

[0006] しかし、この種の流体供給装置にも解決すべき問題点が多く残されており、その中でも特に解決が急がれる問題は、低流量域に於ける流量制御精度を高めることである。

例えば、定格流量が1SLM(標準状態に換算した気体流量)である圧力式流量制御装置の流量制御精度を設定10%以下で0.1%F. S. とすると、設定1%の制御流量値には最大で1SCCMの誤差が含まれている可能性がある。そのため、制御流量が定格流量の10%以下(例えば10~100SCCM以下)になれば、前記1SCCMの誤差の影響が無視できなくなり、結果として定格容量が1SLMの流量制御装置であれば、100SCCMの以下の小流量域は高精度な流量制御ができないと云う問題がある。

[0007] また、前記図10のプロセスチャンバEに於いては、高圧縮度で、しかも排気流量の大きなターボ分子ポンプ等の一次真空ポンプ $VP_1$ 等を連続的に運転する必要がある。

更に、一次真空ポンプ $VP_1$ や二次真空ポンプ $VP_2$ の負荷を軽減する必要があるため、真空排気系Exの管径は比較的太径にしなければならず、そのうえにコンダクタンスバルブCVや自動圧力調整器APC等を必要とする。その結果、真空チャンバEの設備費やランニングコストが高騰し、その引下げを図れないと云う問題がある。

[0008] 特許文献1:特開平11-212653号公報

特許文献2:特開平8-338546号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、従前の圧力式流量制御装置を備えた真空チャンバへのガス供給装置並びに前記真空チャンバの真空排気系に於ける上述の如き問題、即ち(1)ガス供給装置にあつては、小流量域に於ける流量制御精度が低下するため、流量制御範囲が約1~100%の範囲に限定され、1%以下の流量範囲の高精度な流量制御が困難なこと、及び(2)真空チャンバの真空排気系にあつては、設備の小型化、設備費

やランニングコストの引下げが図り難いこと等の問題を解決せんとするものであり、所要最大設定流量の0.1%～100%の広範囲に亘って、真空チャンバの内圧変動と無関係に高精度な流量制御が行なえるようにした流体供給装置と当該流体供給装置を用いた真空チャンバの内圧制御方法を提供することを、発明の主たる目的とするものである。

#### 課題を解決するための手段

- [0010] 請求項1の発明は並列状に接続した複数基の圧力式流量制御装置と、前記複数基の圧力式流量制御装置の作動を制御する制御装置とから形成され、真空ポンプにより排気されたチャンバへ所望のガスを流量制御しつつ供給するチャンバへのガス供給装置に於いて、前記圧力式流量制御装置をオリフィスと、オリフィス上流側の圧力検出器と、圧力検出器の上流側に設けたコントロールバルブと、圧力検出器の検出圧力 $P_1$ からオリフィスを通過するガス流量 $Q_c$ を $Q_c = KP_1$ （但し $K$ は定数）により演算すると共に、設定流量 $Q_s$ との差 $Q_y$ をコントロールバルブへ駆動用信号として出力する演算制御部とから形成し且つオリフィス上流側圧力 $P_1$ と下流側圧力 $P_2$ の比 $P_1/P_2$ を約2倍以上に保持した状態下で使用する圧力式流量制御装置とすると共に、前記一基の圧力式流量制御装置をチャンバへ供給する最大流量の多くとも10%までのガス流量域を制御する装置に、残余の圧力式流量制御装置を残りのガス流量域を制御する装置とし、広い流量域に亘って高精度な流量制御を行なうことを発明の基本構成とするものである。
- [0011] 請求項2の発明は請求項1の発明に於いて、並列状に接続する圧力式流量制御装置を2基とし、一方を小流量域を制御する小流量レンジの圧力式流量制御装置に、他方を大流量域を制御する大流量レンジの圧力式流量制御装置としたものである。
- [0012] 請求項3の発明は、請求項1の発明に於いて並列状に接続する圧力式流量制御装置を2基とし、且つ小流量用の圧力式流量制御装置の流量制御域を最大流量の0.1～10%に、また大流量用の圧力式流量制御装置の流量制御域を最大流量の10～100%とするようにしたものである。
- [0013] 請求項4の発明は、請求項1の発明に於いて、制御装置の信号変換部から発信し

た制御信号により、複数基の圧力式流量制御装置をその制御流量域が小さな圧力式流量制御装置から順に作動させる構成としたものである。

[0014] 請求項5の発明は、請求項1の発明に於いて、制御装置に、各流量域を分担する圧力式流量制御装置へ発信する制御信号の上昇率設定機構を設け、前記制御信号の発信から所定の時間経過後に当該圧力式流量制御装置が設定流量のガス流量を供給する構成としたものである。

[0015] 請求項6の発明は、圧力式流量制御装置を備えたガス供給装置からガスが供給されると共に、コンダクタンスバルブを備えた真空排気ラインを通して真空ポンプにより内部を連続的に減圧するようにしたチャンバに於いて、先ず、前記真空ポンプを連続的に運転すると共にガス供給装置から所望のガスを供給し、前記コンダクタンスバルブを最大開度にしたとき及び最小開度にしたときのガス供給流量とチャンバ内圧との関係を夫々求め、次に、これ等のチャンバ内圧とガス供給流量との関係から、前記真空排気系を備えたチャンバに於けるチャンバへのガス供給流量とチャンバ内圧の制御範囲を定めると共に、当該ガス供給流量とチャンバ内圧との関係線図から求めた設定すべきチャンバ内圧に対応するガス供給流量に、前記ガス供給装置から供給中のガス流量を調整することにより、チャンバ内圧を所望の設定圧力に保持する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

[0016] 請求項7の発明は、請求項6の発明に於いて、真空排気系のコンダクタンスバルブの開度とガス供給装置からの供給ガス流量の両者を調整することにより、チャンバ内圧を設定圧力に保持するようにしたものである。

[0017] 請求項8の発明は、ガス供給装置を、請求項1のガス供給装置としたものである。

#### 発明の効果

[0018] 本発明のチャンバへのガス供給装置に於いては、必要とする流量範囲を複数の流量域に分割し、最大流量の多くとも10%以下の小流量域は小流量用の圧力式流量制御装置により流量制御を行なう構成としているため、広い流量範囲に亘って高精度な流量制御が行なえる。

また、各流量域を分担する圧力式流量制御装置による流量制御の重乗に際しては、制御信号の上昇率に制限を加える構成としているため、チャンバへ供給するガス流

量 $Q$ の連続的な制御が行なえる。

[0019] 本発明のチャンバの内圧制御方法に於いては、チャンバへの供給ガス流量を迅速且つ正確に調整することができるため、チャンバ内圧を容易に所定の設定圧に調整・保持することができる。その結果、従前の自動圧力調整器APCの削除が可能となり、チャンバの真空排気系の設備費を大幅に削減することができる。

また、真空ポンプは、あらかじめ定めたチャンバの最低圧力を達成するだけの排気容量のものを設備すればよく、従前のチャンバの真空排気系のように、真空ポンプの排気容量に大幅な余裕を見込む必要はない。その結果、真空排気系の設備費の大幅な削減が可能となる。

#### 図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明に係るチャンバへのガス供給設備の第1実施例の全体系統図であり、基礎実験に用いたものガス供給設備である。

[図2]図1のガス供給設備Aに於ける入力設定(%)と制御信号(%)の関係を示す線図である。

[図3]図1のガス供給設備Aに於ける流量設定(%)と、各圧力式流量制御装置の流量(%)及びチャンバEへの供給流量 $Q$ の関係を示す線図である。

[図4]図1のガス供給設備Aに於ける各圧力式流量制御装置への制御信号の入力状態と、各圧力式流量制御装置の流量出力 $Q_1$ 、 $Q_2$ 及びチャンバE内の圧力 $P$ の関係を示す線図であり、(a)は60sec間で2台の圧力式流量制御装置の流量を0%から100%へ変化させた場合、(b)は30sec間で流量を0%から100%へ変化させた場合、(c)はステップ状に流量を0%から100%へ変化させた場合を示すものである。

[図5]3基の圧力式流量制御装置を用いた本発明の第2実施例に係るガス供給設備の流量設定(%)と、制御流量 $Q$ との関係を示す線図である。

[図6]本発明のガス供給設備を用いたチャンバの内圧制御方法の実施状態を示す全体系統図である。

[図7]図6に示したチャンバの内圧制御方法に於ける制御可能なチャンバ内圧 $P$ と、供給流量 $Q$ の関係を示す線図である。

[図8]従前の圧力式流量制御装置を用いたチャンバへの流体供給装置の説明図で

ある。

[図9]圧力式流量制御装置の構成図である。

[図10]従前のプロセスチャンバの真空排気系を示す説明図である。

## 符号の説明

- [0021] Aはガス供給装置、Gsは供給ガス、FCS(A)は小流量用圧力式流量制御装置、FCS(B)は大流量用圧力式流量制御装置、 $Q_1$ は小流量用圧力式流量制御装置の制御流量、 $Q_2$ は大流量用圧力式流量制御装置の制御流量、Qはチャンバへの供給流量、Pはチャンバ内圧力、Eはプロセスチャンバ、APCは自動圧力調整器、CVはコンダクタンスバルブ、VPは真空ポンプ、 $V_1 \sim V_3$ は制御弁、 $L_1$ はガス供給管、 $L_2 \sim L_3$ は排気管、1は制御装置、1aは流量入力設定部、1a' 及び1a'' は制御信号上昇率設定機構、1bは信号変換部、1c・1dは制御信号。

## 発明を実施するための最良の形態

- [0022] 以下、図面に基づいて本発明の各実施例を説明する。

### 実施例 1

- [0023] 図1は、本発明に係るチャンバへのガス供給装置の第1実施例を示すものであり、当該ガス供給装置の基本型を示すものである。

図1に於いてAはガス供給装置、Gsは供給ガス、FCS(A)は小流量用圧力式流量制御装置、FCS(B)は大流量用圧力式流量制御装置、Eはチャンバ、 $Q_1$ は小流量用圧力式流量制御装置FCS(A)の制御流量、 $Q_2$ は大流量用圧力式流量制御装置FCS(B)の制御流量、QはチャンバEへの供給流量、PはチャンバE内の圧力、CVはコンダクタンスバルブ、VPは真空ポンプ、 $V_1 \sim V_3$ は制御弁、 $L_1$ はガス供給管、 $L_2$ 、 $L_3$ は排気管路、1は制御装置、1aは流量入力設定部、1bは信号変換部、1c・1dは制御信号である。

- [0024] 前記圧力式流量制御装置FCS(A)及びFCS(B)は、図9に示した従前の圧力式流量制御装置と基本的に同一のものであり、オリフィス上流側圧力 $P_1$ と下流側圧力 $P_2$ との間に流体の臨界条件である $P_1/P_2$ が約2以上の条件を成立させることにより、オリフィスを流通するガス流量を $Q_c = K P_1$  (但しKは定数)により演算し、この演算値 $Q_c$ と設定値 $Q_s$ との差信号 $Q_y$ により上流側に設けたコントロールバルブVを自動開

閉制御することにより圧力 $P_1$ を調整し、オリフィスの実通過流量を前記設定値 $Q_s$ に制御することを基本構成とするものである。

- [0025] 尚、本実施例では、小流量用圧力式流量制御装置FCS(A)として定格流量が100SCCMのものを、また大流量用圧力式流量制御装置FCS(B)として定格流量3000SCCMのものを使用し、最小5SCCMから最大3100SCCMまでの流量範囲に亘って、連続的に高精度な流量制御を行なうように構成されている。

また、前記圧力式流量制御装置FCS(A)、FCS(B)の構成は公知であるため、ここではその詳細な説明を省略する。

- [0026] 前記プロセスチャンバEは内容量が11lに設定されており、300l/minの排気流量を有する真空ポンプVPにより、自動圧力調整器APC及びコンダクタンスバルブCVを設けた真空排気ライン $L_2 \sim L_3$ を通して連続的に真空引きされており、チャンバEの内部は $10^{-2} \sim 10^1$  Torrの中真空に保持されている。

- [0027] 前記コンダクタンスバルブCVは真空排気系の管路コンダクタンスを調整するためのものである。また、コンダクタンスバルブCVは、公知であるため、その詳細な説明を省略する。

- [0028] 前記ガス供給管 $L_1$ には外径6.35mm $\phi$ 、内径4.2mm $\phi$ のステンレス管が、また排気管 $L_2$ 、 $L_3$ には外径28mm $\phi$ 、内径24mm $\phi$ のステンレス管が夫々使用されている。

- [0029] 前記制御装置1は入力設定部1aと信号変換部1bとから形成されており、入力設定部1aで定格最大流量に対する所望の流量(%)を設定する。

即ち、当該入力設定部1aには、小流量用圧力式流量制御装置FCS(A)の制御信号1cの上昇率設定機構1a' と、大流量用圧力式流量制御装置FCS(B)の制御信号1dの上昇率設定機構1a'' とが設けられており、プロセスチャンバEで必要とするプロセスガス $G_s$ の流量は、後述するように流量%設定機構1aにより設定される。

- [0030] また、前記入力設定部1aの制御信号の上昇率設定機構1a'、1a''は、後述するように、最小設定流量0%から最大設定流量100%の間の任意の流量に流量設定をして両圧力式流量制御装置FCS(A)、FCS(B)を作動させる際に、各流量用圧力式流量制御装置FCS(A)、(B)へ印加する制御信号1c、1dの上昇率を調整するた

めの機構であり、例えば設定流量50SCCM(入力設定値1. 613%)でガスG<sub>s</sub>を供給中に、2000SCCM(入力設定64. 516%)に増量する場合、小流量用圧力式流量制御装置FCS(A)のみの作動から両圧力式流量制御装置FCS(A)、FCS(B)の作動に切換えられるが、大流量圧力式流量制御装置FCS(B)の方が0からその1900SCCMに達するまでに若干の時間遅れ(0→100%の流量変化で約30sec)を設けることが必要となり、そのためFCS(B)への制御入力信号1dの上昇率が調整されることになる。

[0031] 前記信号変換部1bは、流量の入力設定(%)に対応した各圧力式流量制御装置FCS(A)、FCS(B)への制御信号1c、1dを出力するものである。

尚、最大流量が100SCCMの圧力式流量制御装置FCS(A)の制御信号は、0V(0SCCM)から5V(100SCCM)の値に、また最大流量が3000SCCMの圧力式流量制御装置FCS(B)の制御信号も0V(0SCCM)から5V(3000SCCM)の値に夫々設定されており、両圧力式流量制御装置FCS(A)、FCS(B)へは夫々の分担する制御流量に対応した制御信号1c、1dが信号変換部1bから入力される。

[0032] 図2は、前記制御装置1の入力設定部1aに於ける流量入力設定(%)と制御信号1c、1dの関係を示す線図である。図2に於いて、曲線Lは小流量(100SCCM)用圧力式流量制御装置FCS(A)の制御信号1cを、また曲線Hは大流量(3000SCCM)用圧力式流量制御装置の制御信号1dを夫々示すものであり、例えば設定流量が50SCCM(設定流量%= $50/3100=1.613\%$ )の時にはFCS(A)のみが作動され、制御信号1c= $5V \times 50/100=2.5V$ がFCS(A)へ入力される。

同様に、設定流量が2000SCCM(設定流量%= $2000/3100=64.52\%$ )の時には、FCS(A)の方は流量設定%=100%でもって100SCCMの流量を出力し、制御信号1c= $5V \times 100/100=5V$ がFCS(A)へ入力され、またFCS(B)の方は流量1900SCCMを出力し、制御信号1d= $5V \times 1900/3000=3.17V$ がFCS(B)へ入力されることになる。

[0033] 図3は、図1の流体供給装置Aに於ける各圧力式流量制御装置FCS(A)、FCS(B)の分担制御流量 $Q_1$ 、 $Q_2$ とチャンバEへの全供給流量Qとの関係を示すものであり、全流量Qは $Q=100/3 \cdot \text{設定}\%$ (FCS(A)のみが作動、 $Q=100\text{SCCM}$ 以下のと



き)、又は $Q=3000/97 \cdot \text{設定}\% + 700/97 \text{SCCM}$ (FCS(A)、FCS(B)の両方が作動、 $Q=100 \text{SCCM}$ 以上のとき)となる。

[0034] 図4の(a)～(c)は、前記入力設定部1aの制御信号上昇率設定機構1a'、1a''の必要性を示す実験データであり、100SCCMのFCS(A)と3000SCCMのFCS(B)の両方を作動させ、全流量を0%(0SCCM)から100%(3100SCCM)へ増加させた場合の流量制御信号1c及び流量制御信号1dの印加状況と、チャンバ圧力Pへの制御流量Qの追従性の関係を示すものである。尚、当該実験に於いては、チャンバ排気系のコンダクタンスバルブCVは、全開状態(真空ポンプVPが連続的にフル出力で運転される状態)にセットされている。

[0035] 即ち、図4の(a)は、入力設定部1aへの設定信号を約60sec間で0～100%へ変化させるようにした場合のチャンバ圧力Pの変化の状態を示すものである。

また、図4の(b)は入力設定部1aへの設定信号を約30sec間で0～100%へ変化させるようにした場合のチャンバ圧力Pの変化状態を、更に図4の(c)は入力設定部1aへの設定信号をステップ状に変化させるようにした場合のチャンバ圧力Pの変化状況を示すものである。

[0036] 図4の(a)及び図4の(b)に於いては、チャンバ圧力Pが、流量設定%(SET)にほぼ比例した状態で連続的に増加し、所謂圧力制御が完全に実現されていることが判る。

[0037] これに対して、図4の(c)に於いては、流量設定%(SET)のステップ変化(即ち、制御信号1c(又は流量 $Q_1$ )及び制御信号1d(又は流量 $Q_2$ )のステップ変化)に対して、チャンバ圧力P(チャンバEへの供給流量Q)はステップ状に変化をすることができず、約20秒間は、チャンバ圧力Pの制御が追従できないことが判る。

## 実施例 2

[0038] 図5は、本発明の流体供給装置の第2実施例に係る設定流量と流量出力の関係を示す線図であり、当該第2実施例に於いては、定格流量が100SCCMと3000SCCMと5000SCCMの3台の圧力式流量制御装置FCS(A)、FCS(B)、FCS(C)を用いて、5SCCM～8100SCCMのより広い流量範囲について高精度な流量制御を行なえる構成としたものである。

[0039] 図5に於いて、曲線Lは100SCCMの、曲線Hは3000SCCMの、曲線Mは5000SCCMの各圧力式流量制御装置FCS(A)、FCS(B)、FCS(C)の流量特性を示すものであり、またQはチャンバEへの供給流量を示すものである。

即ち、供給流量Qが100～3100SCCM以下の時には、

$$Q = (3100 - 100) / (40 - 1) \cdot (\text{SET}\% - 1) + 100$$

$$= (3000 / 39) \cdot \text{SET}\% + (900 / 39) \text{に流量Qが求められ、}$$

また、供給流量Qが3100～8100SCCMの時には、

$$Q = (5000 / 60) \cdot \text{SET}\% - (14000 / 60) \text{により、流量Qが与えられる。}$$

[0040] 尚、前記図1の第1実施例及び図5の第2実施例に於いては、供給ガスGsが一種類であるとしているが、供給ガスGsが二種類以上あるときには、ガス種の数と同数の第1実施例や第2実施例の如き構成のガス供給装置Aを、複数基夫々並列に設け、各ガス供給装置Aを任意に切換作動させることにより、複数種のガスをチャンバEへ供給することになる。

[0041] 更に、前記第1実施例や第2実施例に於いては、供給ガスGsを単独種のガスとしているが、供給ガスGsが例えばArとCF<sub>4</sub>との混合ガス(混合比率は任意)であってもよいことは勿論である。

(ガス供給装置を用いたチャンバの内圧制御方法)

### 実施例 3

[0042] 図6は、本発明に係るガス供給装置を用いたチャンバEの内圧調整方法を示すための系統図である。

図6を参照して、チャンバEは11lの内容積を有しており、その真空排気系はコンダクタンスバルブCVと真空ポンプVPと管路L<sub>2</sub>と管路L<sub>3</sub>とにより形成されている。

また、真空ポンプVPには300l/minの排気量を有する真空ポンプが使用されている。

[0043] 当該チャンバの内圧制御方法は、一定の排気能力を有する真空ポンプにより連続的に排気されているチャンバE内の内圧を、その内部へ供給する流体の流量を細かく調整することにより、10<sup>-2</sup>～10<sup>2</sup>Torr程度の所定のプロセス圧力に制御するものである。

[0044] 図6を参照して、先ずコンダクタンスバルブCVを全開にして真空排気系の流路抵抗を最小にすると共に、真空ポンプVPを作動させてチャンバE内を真空ポンプVPの排気能力に対応した真空度にまで真空引きする。

次に、予かじめ求められている図7のチャンバE及び真空排気系の圧力－流量特性曲線から、圧力Pに対する供給ガス流量Qを求める。

[0045] その後、ガス供給装置Aを作動させ、前記設定圧力Pを得るために必要とする流量QのガスGsをチャンバE内へ供給する。

尚、ガスGsの供給によるチャンバEの内圧調整の範囲は、真空ポンプVPの排気能力が一定の条件下ではコンダクタンスバルブCVの開度調整によって変化させることができ、後述するようにチャンバ内圧を上昇(低真空度)させる場合にはコンダクタンスバルブCVの開度を低下させて真空排気系の管路抵抗を増大させ、また逆にチャンバ内圧を低下(高真空度)させる場合には、コンダクタンスバルブCVを全開状態とする。

[0046] 図7は、前記図6のチャンバE及び真空排気系に於けるチャンバEへの供給流量Qとチャンバ内圧Pとの関係を示す線図であり、真空ポンプVPを定格下で連続運転すると共に、コンダクタンスバルブCVを最大開度又は最小開度状態にした時の圧力－流量特性を示すものである。

[0047] 即ち、図7の曲線AはコンダクタンスバルブCVを最大開度にしたときの圧力－流量特性、曲線BはコンダクタンスバルブCVを最小開度にしたときの圧力－流量特性を示すものである。

また、曲線CはチャンバE内に任意のプロセスポイント(1)やプロセスポイント(3)を実現する真空排気系の任意コンダクタンスに於ける圧力－流量特性である。

[0048] 図7からも明らかなように、図6のチャンバE及び真空排気系に於いては、チャンバEへのガス供給流量Qを5～3100SCCMの間で流量制御をすると共に、真空排気系のコンダクタンスを適宜に調整することにより、記号(1)－(4)－(5)－(3)－(2)－(7)－(6)で囲まれた流量・圧力範囲、即ち圧力であれば $101 \sim 0.8 \times 10^{-1}$ Torrに亘ってチャンバE内の圧力を調整することが出来る。

[0049] 勿論、真空排気系の構成(真空排気系のコンダクタンスや真空排気ポンプVPの排

気能力等)や流体供給装置Aの流量制御範囲を変えることにより、前記図7の流量・圧力の調整範囲(点線部分の面積)は変化することになり、プロセスチャンバEに要求される条件に応じて流体供給装置Aの流量範囲や真空排気ポンプVPの排気能力は適宜に選定される。

[0050] 尚、半導体製造装置等に於いては、圧力制御範囲は通常 $10^{-2} \sim 10^1$  Torr、流量制御範囲Qは3SCCM $\sim$ 5000SCCMの範囲に選定されている。

又、圧力調整用にチャンバE内へ供給するガスGsとしては、HeやAr等の不活性ガスやその混合ガスが利用される。

更に、前記チャンバE内への供給ガスGsとして、プロセスガス自体を利用することも可能であり、且つ混合ガスであってもよいことは勿論である。

#### 産業上の利用可能性

[0051] 本発明は、半導体製造装置のプロセスチャンバへのガスの供給量制御や、プロセスチャンバの内圧制御等に利用できる。

### 請求の範囲

- [1] 並列状に接続した複数基の圧力式流量制御装置と、前記複数基の圧力式流量制御装置の作動を制御する制御装置とから形成され、真空ポンプにより排気されたチャンバへ所望のガスを流量制御しつつ供給するチャンバへのガス供給装置に於いて、前記圧力式流量制御装置をオリフィスと、オリフィス上流側の圧力検出器と、圧力検出器の上流側に設けたコントロールバルブと、圧力検出器の検出圧力 $P_1$ からオリフィスを通過するガス流量 $Q_c$ を $Q_c = KP_1$ （但し $K$ は定数）により演算すると共に、設定流量 $Q_s$ との差 $Q_y$ をコントロールバルブへ駆動用信号として出力する演算制御部とから形成し且つオリフィス上流側圧力 $P_1$ と下流側圧力 $P_2$ の比 $P_1/P_2$ を約2倍以上に保持した状態下で使用する圧力式流量制御装置とすると共に、前記一基の圧力式流量制御装置をチャンバへ供給する最大流量の多くとも10%までのガス流量域を制御する装置に、残余の圧力式流量制御装置を残りのガス流量域を制御する装置とし、広い流量域に亘って高精度な流量制御を行なうことを特徴とするチャンバへのガス供給装置。
- [2] 並列状に接続する圧力式流量制御装置を2基とし、一方を小流量域を制御する小流量レンジの圧力式流量制御装置に、他方を大流量域を制御する大流量レンジの圧力式流量制御装置とした請求項1に記載のチャンバの内圧制御装置。
- [3] 並列状に接続する圧力式流量制御装置を2基とし、且つ小流量用の圧力式流量制御装置の流量制御域を最大流量の0.1～10%に、また大流量用の圧力式流量制御装置の流量制御域を最大流量の10～100%とするようにした請求項1に記載のチャンバへのガス供給装置。
- [4] 制御装置の信号変換部から発信した制御信号により、複数基の圧力式流量制御装置をその制御流量域が小さな圧力式流量制御装置から順に作動させる構成とした請求項1に記載のチャンバへのガス供給装置。
- [5] 制御装置に、各流量域を分担する圧力式流量制御装置へ発信する制御信号の上昇率設定機構を設け、前記制御信号の発信から所定の時間経過後に当該圧力式流量制御装置が設定流量のガス流量を供給する構成とした請求項4に記載のチャンバへのガス供給装置。

- [6] 圧力式流量制御装置を備えたガス供給装置からガスが供給されると共に、コンダクタンスバルブを備えた真空排気ラインを通して真空ポンプにより内部を連続的に減圧するようにしたチャンバに於いて、先ず、前記真空ポンプを連続的に運転すると共にガス供給装置から所望のガスを供給し、前記コンダクタンスバルブを最大開度にしたとき及び最小開度にしたときのガス供給流量とチャンバ内圧との関係を夫々求め、次に、これ等のチャンバ内圧とガス供給流量との関係から、前記真空排気系を備えたチャンバに於けるチャンバへのガス供給流量とチャンバ内圧の制御範囲を定めると共に、当該ガス供給流量とチャンバ内圧との関係線図から求めた設定すべきチャンバ内圧に対応するガス供給流量に、前記ガス供給装置から供給中のガス流量を調整することにより、チャンバ内圧を所望の設定圧力に保持する構成としたことを特徴とするチャンバの内圧制御方法。
- [7] 真空排気系のコンダクタンスバルブの開度とガス供給装置からの供給ガス流量の両者を調整することにより、チャンバ内圧を設定圧力に保持するようにした請求項6に記載のチャンバの内圧制御方法。
- [8] ガス供給装置を、並列状に接続した複数基の圧力式流量制御装置と、前記複数基の圧力式流量制御装置の作動を制御する制御装置とから形成され、真空ポンプにより排気されたチャンバへ所望のガスを流量制御しつつ供給するチャンバへのガス供給装置に於いて、前記圧力式流量制御装置をオリフィスと、オリフィス上流側の圧力検出器と、圧力検出器の上流側に設けたコントロールバルブと、圧力検出器の検出圧力 $P_1$ からオリフィスを通過するガス流量 $Q_c$ を $Q_c = KP_1$ （但し $K$ は定数）により演算すると共に、設定流量 $Q_s$ との差 $Q_y$ をコントロールバルブへ駆動用信号として出力する演算制御部とから形成し且つオリフィス上流側圧力 $P_1$ と下流側圧力 $P_2$ の比 $P_1/P_2$ を約2倍以上に保持した状態下で使用する圧力式流量制御装置とすると共に、前記一基の圧力式流量制御装置をチャンバへ供給する最大流量の多くとも10%までのガス流量域を制御する装置に、残余の圧力式流量制御装置を残りのガス流量域を制御する装置とし、更に前記制御装置をチャンバへ供給するガス流量を設定する入力設定部と、当該入力設定部への入力値を各圧力式流量制御装置への制御信号に変換する信号変換部とを備えた構成とし、信号変換部から各圧力式流量制御装置

へ制御信号を発信することにより、広い流量域に亘って高精度な流量制御を行なう  
ガス供給装置とした請求項6に記載のチャンバの内圧制御方法。

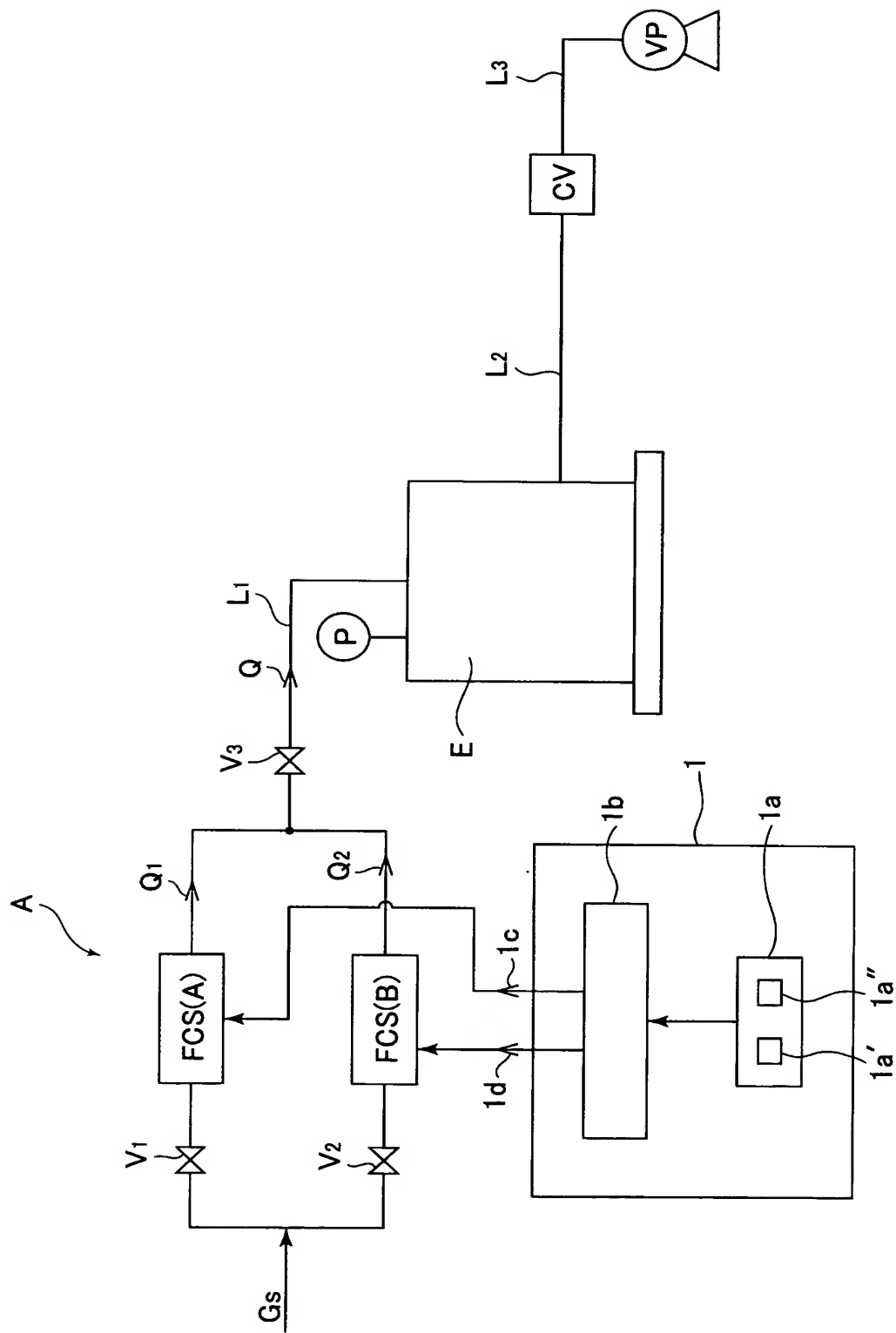
## 要 約 書

流量の制御精度が小流量域で大幅に低下するのを防止し、全流量制御域に亘って高精度な流量制御を行なえるようにすると共に、高精度な流量制御によって広域なチャンバの圧力範囲を制御できるようにする。

具体的には、並列状に接続した複数基の圧力式流量制御装置と、前記複数基の圧力式流量制御装置の作動を制御する制御装置とから形成され、真空ポンプにより排気されたチャンバへ所望のガスを流量制御しつつ供給するチャンバへのガス供給装置に於いて、前記一基の圧力式流量制御装置をチャンバへ供給する最大流量の多くとも10%までのガス流量域を制御する装置に、残余の圧力式流量制御装置を残りのガス流量域を制御する装置とする。

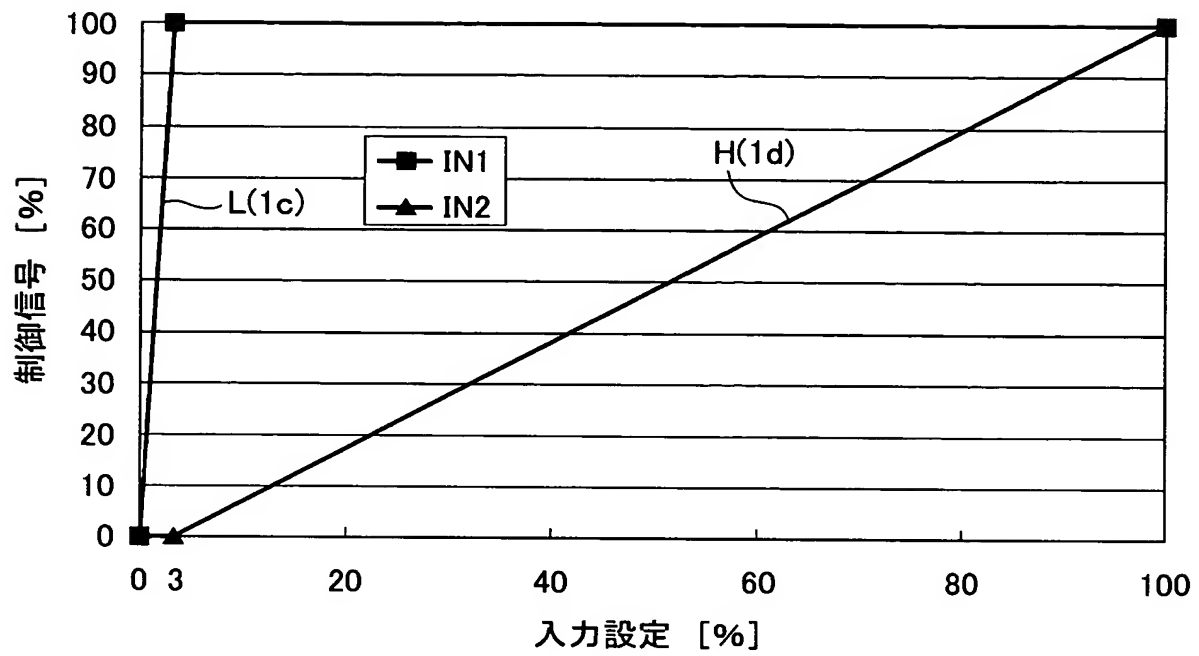


[図1]



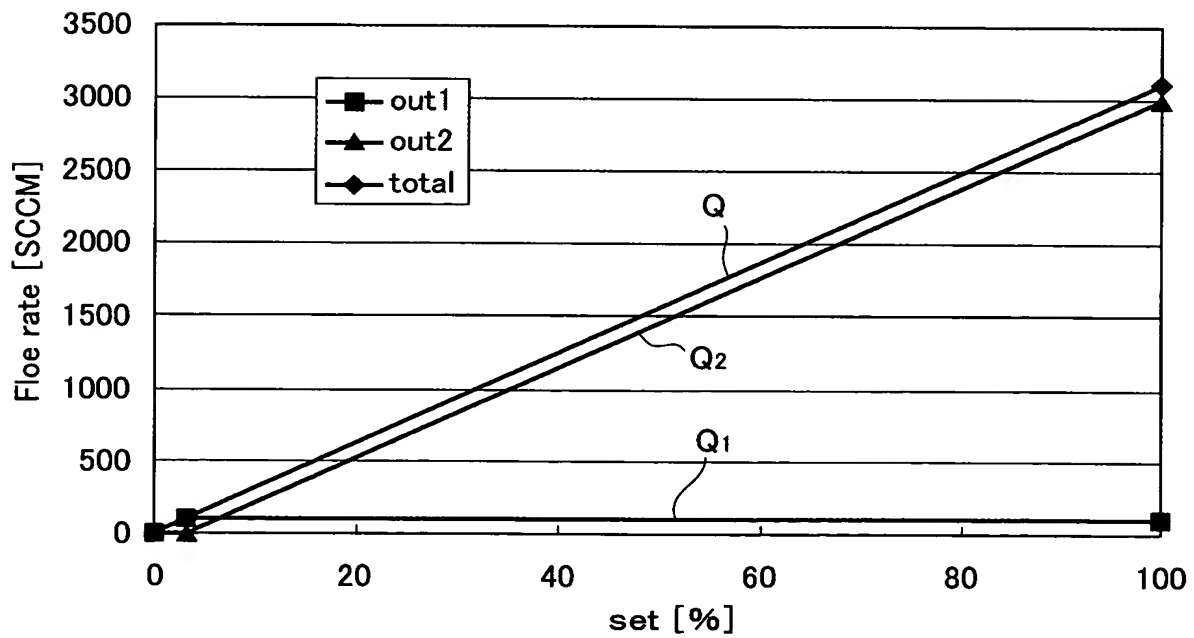
[図2]

入力設定－制御信号2系統

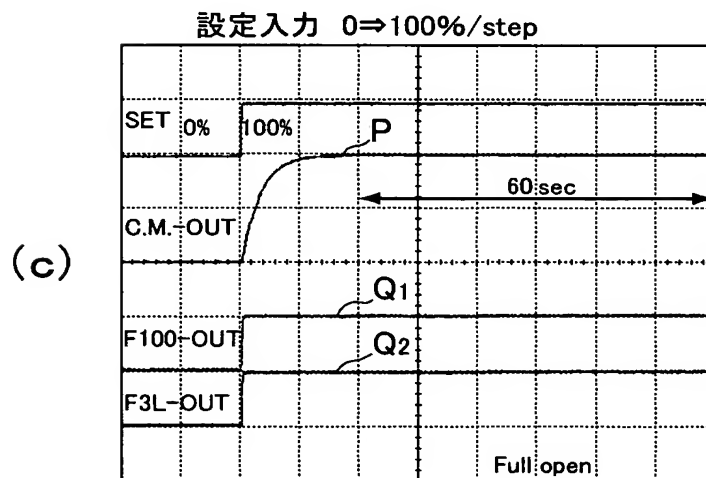
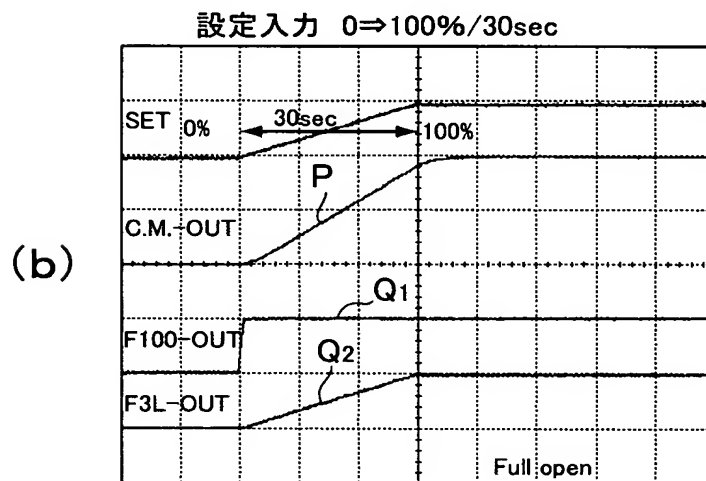
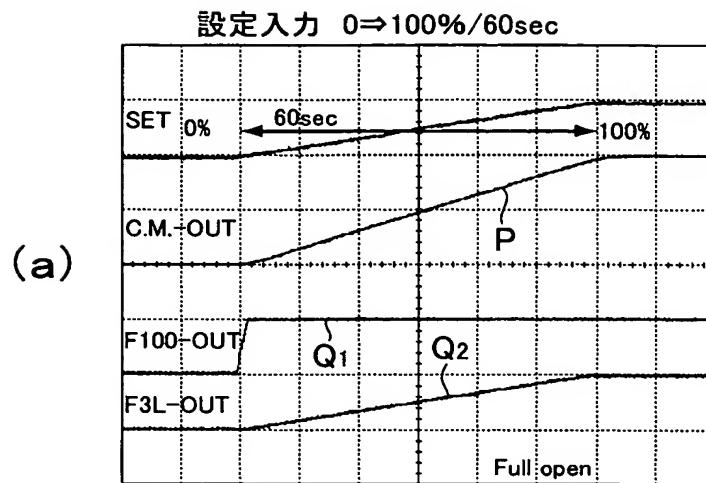


[図3]

設置－流量出力特性(F100+F3L)

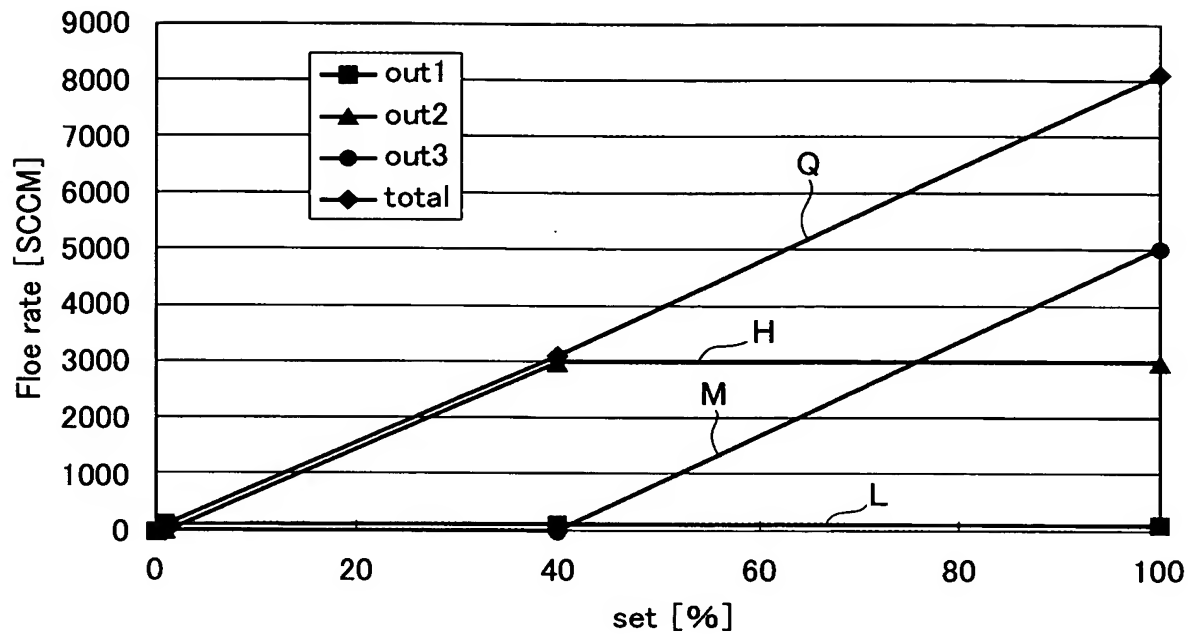


[図4]

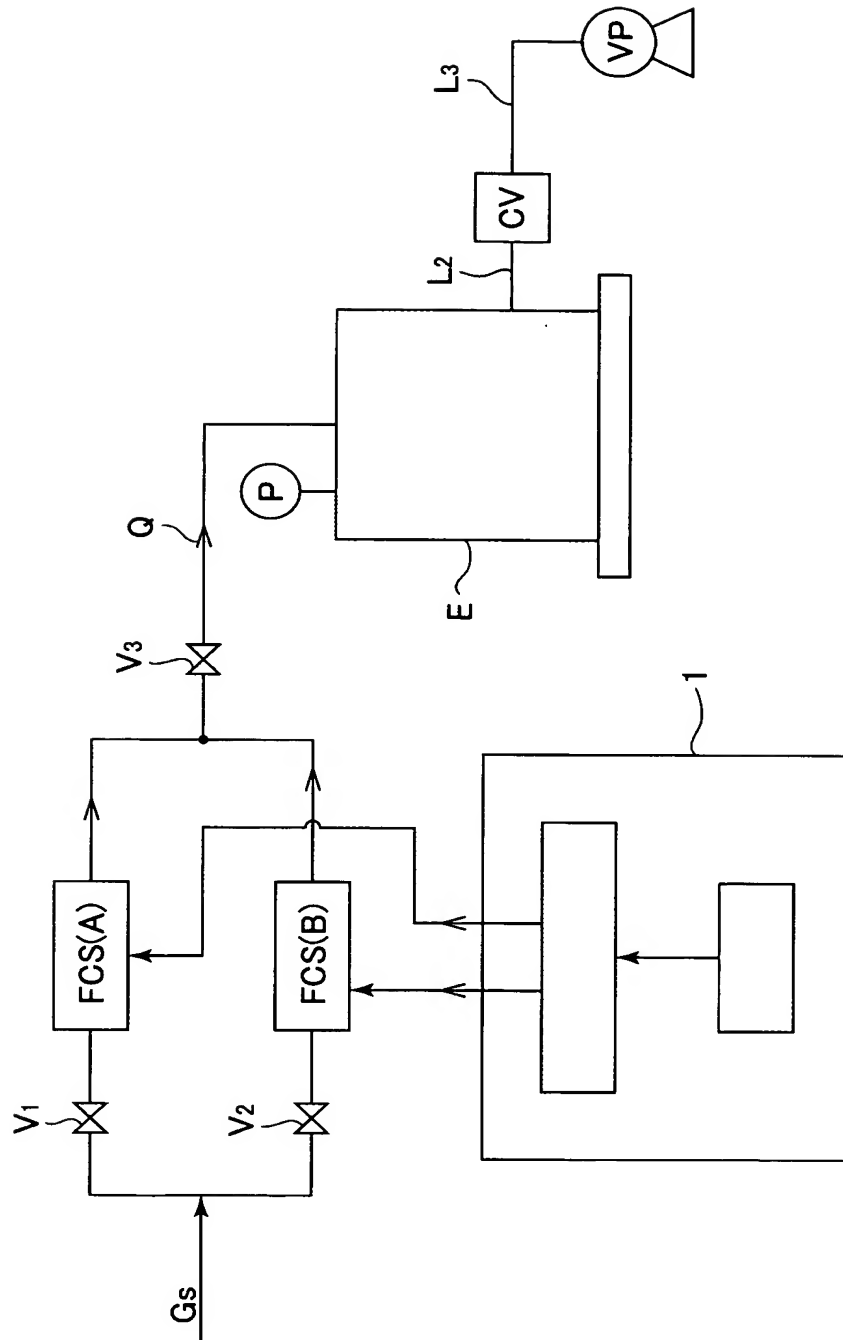


[図5]

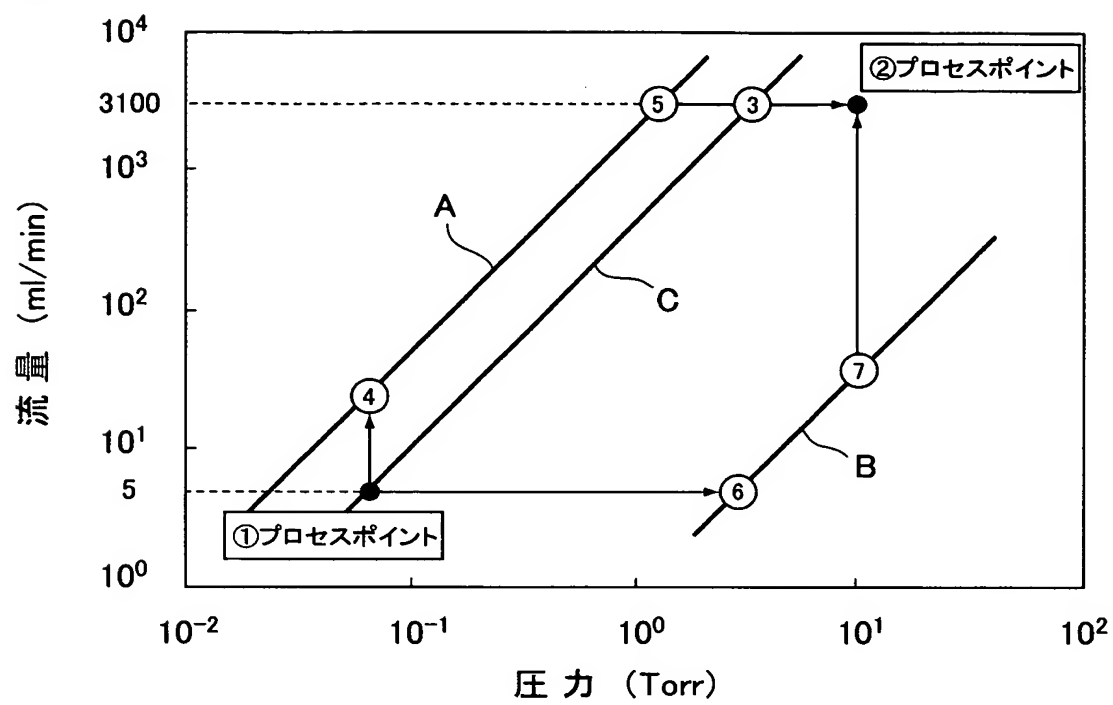
## 設定一流量出力特性(F100+F3L+F5L)



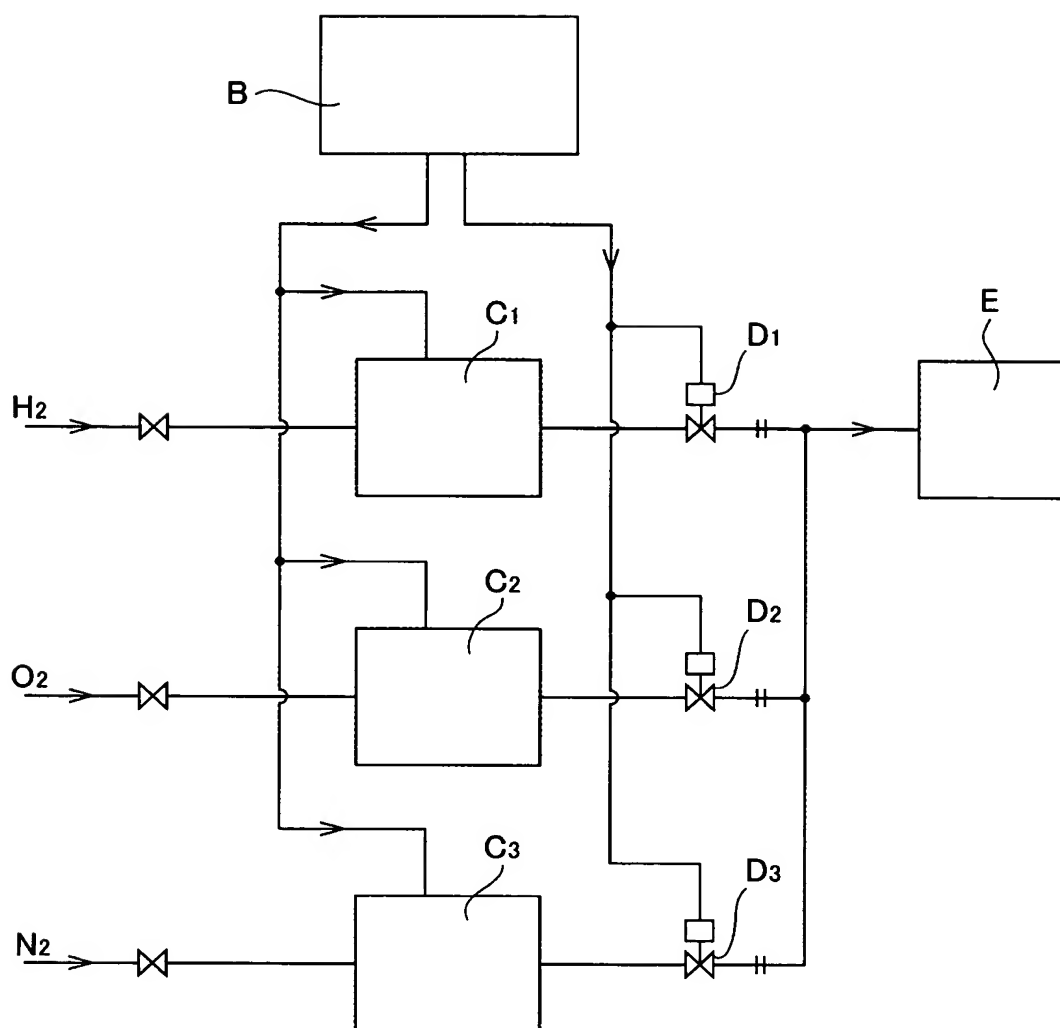
[図6]



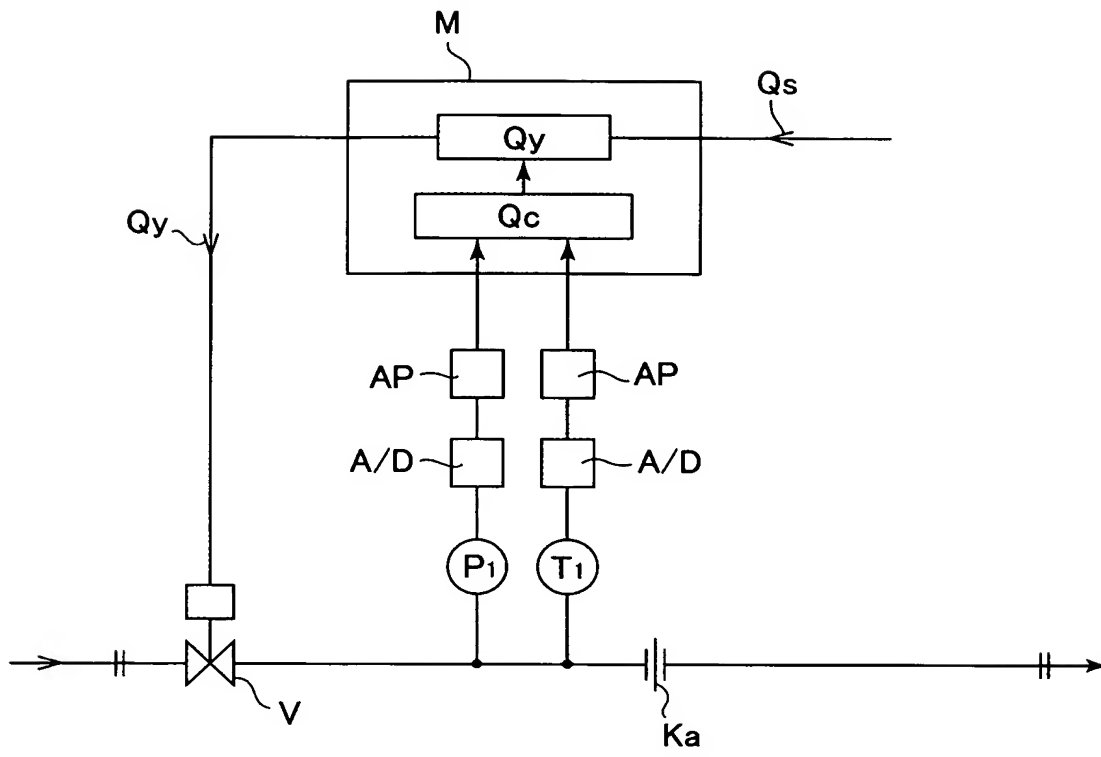
[図7]



[図8]



[図9]





[図10]

